

DIALOG(R) File 347:JAPIO  
(c) 2001 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

04961049      \*\*Image available\*\*

MASK FOR EXPOSURE AND PROJECTION ALIGNING METHOD

PUB. NO.:        07-253649    [JP 7253649 A]  
PUBLISHED:      October 03, 1995 (19951003)  
INVENTOR(s):    ITO SHINICHI  
APPLICANT(s):   TOSHIBA CORP [000307] (A Japanese Company or Corporation), JP  
                  (Japan)  
APPL. NO.:      06-043616    [JP 9443616]  
FILED:          March 15, 1994 (19940315)  
INTL CLASS:     [6] G03F-001/08; G03B-027/32; G03F-007/20; H01L-021/027  
JAPIO CLASS:    29.1 (PRECISION INSTRUMENTS -- Photography & Cinematography);  
                  42.2 (ELECTRONICS -- Solid State Components)  
JAPIO KEYWORD: R044 (CHEMISTRY -- Photosensitive Resins)

#### ABSTRACT

PURPOSE: To provide a mask for exposure capable of improving the resolving power for isolated patterns and depth of focus to an equal level as the periodic patterns in a Levenson type phase shift method and improving the accuracy of pattern exposure.

CONSTITUTION: This mask for exposure formed with desired mask patterns on a light transmissive substrate 101 has a first film 104 which is so formed as to have opening patterns on this light transmissive substrate 101 and has light shieldability to both of a first exposing wavelength  $\lambda_1$  and a second exposing wavelength  $\lambda_2$  and a second film 103 which is formed selectively in the opening patterns of the first film 104, has light transmissivity at the first exposing wavelength  $\lambda_1$ , imparts a phase difference of 180 deg. to the transmitted light and has light shieldability at the second exposing wavelength  $\lambda_2$ .

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-253649

(43)公開日 平成7年(1995)10月3日

(51)Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08		A		
G 0 3 B 27/32		F		
G 0 3 F 7/20	5 2 1			

H 0 1 L 21/ 30 5 0 2 C

5 0 2 P

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平6-43616

(22)出願日 平成6年(1994)3月15日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 伊藤 信一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

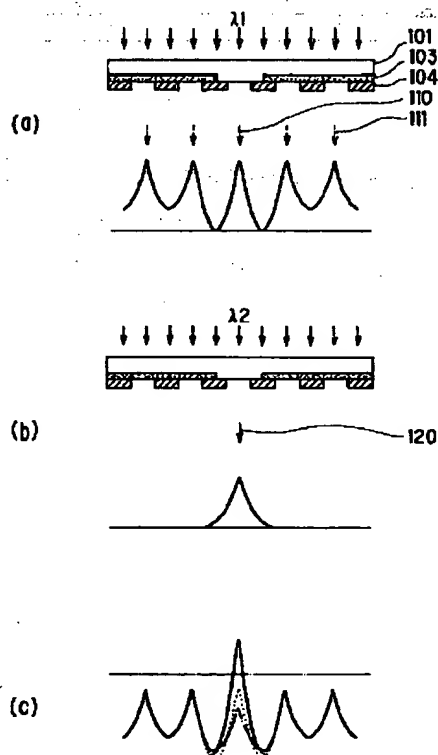
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 露光用マスク及び投影露光方法

(57)【要約】

【目的】 レベンソン型位相シフト法における周期的パターンと同等に孤立パターンに対する解像力及び焦点深度を向上させることができ、パターン露光精度の向上をはかり得る露光用マスクを提供すること。

【構成】 透光性基板101上に所望のマスクパターンを形成した露光用マスクにおいて、透光性基板101上に開口パターンを有するように形成され、第1の露光波長 $\lambda_1$ と第2の露光波長 $\lambda_2$ のいずれにおいても遮光性を有する第1の膜104と、第1の膜104の開口パターンに選択的に形成され、第1の露光波長 $\lambda_1$ において透光性を有し透過光に対して180度の位相差を与え且つ第2の露光波長 $\lambda_2$ において遮光性を有する第2の膜103とを具備してなることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】透光性基板上に所望のマスクパターンを形成した露光用マスクにおいて、  
前記透光性基板上に開口パターンを有するように形成され、第1の露光波長と第2の露光波長のいずれにおいても遮光性を有する第1の膜と、第1の膜の開口パターンに選択的に形成され、第1の露光波長において透光性を有し透過光に対して所望の位相差を与え且つ第2の露光波長において遮光性を有する第2の膜とを具備してなることを特徴とする露光用マスク。

【請求項2】透光性基板上に所望のマスクパターンを形成した露光用マスクにおいて、  
前記透光性基板上に開口パターンを有するように形成され、第1の露光波長と第2の露光波長のいずれにおいても遮光性を有する第1の膜と、第1の膜の開口パターンに選択的に形成され、第1の露光波長において透光性を有し且つ第2の露光波長において遮光性を有する第2の膜と、第1の膜の開口パターンに選択的に形成され、第1の露光波長において透光性を有し且つ透過光に対して所望の位相差を与える第3の膜とを具備してなることを特徴とする露光用マスク。

【請求項3】透光性基板上に第1の露光波長と第2の露光波長のいずれにおいても遮光性を有する遮光膜が所望の開口パターンを有するように形成され、第1の露光波長において透光性を有し透過光に対して所望の位相差を与え且つ第2の露光波長において遮光性を有する補助膜が第1の膜の開口パターンに選択的に形成された露光用マスクを用い、光軸に対し同一位置で露光用マスクに対する照射を第1の露光波長と第2の露光波長で2度行い、第1及び第2の露光波長により得られる各マスク像を被露光基板の同一位置に投影させることを特徴とする投影露光方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体装置の製造工程のリソグラフィーに用いられる投影露光技術に係わり、特に位相シフト効果を利用した露光用マスクとこれを用いた投影露光方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、半導体技術の進歩と共に、半導体素子の高速化、高集積化が進められており、これに伴いパターンの微細化の必要性は益々高くなり、パターン寸法も微細化、高精度化が要求されるようになってきている。この要求を満たす目的で、露光光源に遠紫外光など短波長の光が用いられるようになってきた。しかし、今後露光光源に用いられようとしているKrFエキシマレーザの248nmの発振線を露光光に用いたプロセスでは、専用のレジストは化学増幅型レジストが開発されつつあるものの未だ研究段階にある。

【0003】そこで最近、露光光源を変えずにパターン

寸法を微細化をする試みが成されてきている。その一つの手法として、位相シフト法がある。この手法は、光透過部に部分的に位相反転層を設け、隣接するパターンで光の負の干渉を生ぜしめてパターン精度の向上を図るものである。

【0004】位相シフト法の中でとりわけ解像性能が向上する手法に、レベンソン型位相シフト法（特公昭62-50811号公報）がある。この手法では、遮光パターンが配置されたマスクで、光透過部の交互に位相シフトを設けている。この位相シフトを位相シフトを配置していない部分を透過した光に対し180°反転するように調整することで、パターン相互で光の負の干渉を生じさせ解像性能を向上させる。

【0005】しかしながら、レベンソン型位相シフト法は、周期的パターンに対して解像性能及び焦点深度の向上が大きい反面、孤立パターンでは効果が無いなどパターン配置に制約があった。

【0006】一方、遮光膜に隣接する領域とこれに隣接する主開口部との位相差を180°として位相シフト効果を生じさせる手法（エッジ遮光法）、或いは半透明膜に位相シフト効果を持たせる手法（ハーフトーン法）を適用することで、孤立パターンに対し解像力及び焦点深度の向上を成することが可能である。しかし、これらの手法では、レベンソン型位相シフト法のように飛躍的な向上効果を得ることは難しかった。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】このように従来、エッジ遮光法やハーフトーン法により孤立パターンに対する解像力及び焦点深度を多少は向上させることができるが、レベンソン型位相シフト法における周期的パターンと同等に孤立パターンに対する解像力及び焦点深度を向上させることは困難であった。

【0008】本発明は、上記事情を考慮してなされたもので、その目的とするところは、レベンソン型位相シフト法における周期的パターンと同等に孤立パターンに対する解像力及び焦点深度を向上させることができ、パターン露光精度の向上をはかり得る露光用マスク及び投影露光方法を提供することにある。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の骨子は、孤立パターンに対しては周期パターン露光と孤立パターン露光を組み合わせることで解像性能と焦点深度の向上をはかり、周期パターンに対してはレベンソン型位相シフト法を適用することで、より解像性能と焦点深度の向上をはかることにある。

【0010】即ち、本発明（請求項1）は、透光性基板上に所望のマスクパターンを形成した露光用マスクにおいて、透光性基板上に開口パターンを有するように形成され、第1の露光波長と第2の露光波長のいずれにおいても遮光性を有する第1の膜と、第1の膜の開口パター

10

20

30

40

50

ンに選択的に形成され、第1の露光波長において透光性を有し透過光に対して所望の位相差を与え且つ第2の露光波長において遮光性を有する第2の膜とを具備してなることを特徴とする。

【0011】ここで、本発明の望ましい実施態様としては、次のものがあげられる。

(1) 第2の膜を透過する第1の露光波長の光は、透光性基板を透過する光に対し $180^\circ$ の整数倍の位相差を持つこと。

(2) 露光用マスクの製法として、透光性基板上に第1の露光波長に対し透光性を有し透過光に対して所望の位相差を与え且つ第2の露光波長に対し遮光性を有するように調整された第2の膜を形成する工程と、第1の露光波長と第2の露光波長のいずれにおいても遮光性を有する第1の膜を形成する工程と、第1の膜を部分的に除去する工程と、第1の膜の除去された領域から露出する第2の膜を部分的に除去する工程とを含むこと。

(3) 露光用マスクの製法として、透光性基板上に第1の露光波長に対し透光性を有し透過光に対して所望の位相差を与え且つ第2の露光波長に対し遮光性を有するように調整された第2の膜を形成する工程と、第2の膜を部分的に除去する工程と、第1の露光波長と第2の露光波長のいずれにおいても遮光性を有する第1の膜からなるパターンを形成する工程とを含むこと。

(4) 露光用マスクの製法として、透光性基板を部分的にエッチングする工程と、少なくともエッチングした領域に第1の露光波長に対し透光性を有し透過光に対して所望の位相差を与え且つ第2の露光波長に対し遮光性を有するように調整された第2の膜を形成する工程と、第2の膜を部分的に除去する工程と、第1の露光波長と第2の露光波長のいずれにおいても遮光性を有する第1の膜からなるパターンを形成する工程を含む露光マスク製造方法を提供している。

(5) 第1の膜からなるパターンが周期性を有し、且つ所望のパターンが第1の膜からなるパターンと第2の膜からなるパターンの和により現わされること。

【0012】また、本発明（請求項2）は、透光性基板上に所望のマスクパターンを形成した露光用マスクにおいて、透光性基板上に開口パターンを有するように形成され、第1の露光波長と第2の露光波長のいずれにおいても遮光性を有する第1の膜と、第1の膜の開口パターンに選択的に形成され、第1の露光波長において透光性を有し且つ第2の露光波長において遮光性を有する第2の膜と、第1の膜の開口パターンに選択的に形成され、第1の露光波長において透光性を有し且つ透過光に対して所望の位相差を与える第3の膜とを具備してなることを特徴とする。

【0013】ここで、本発明の望ましい実施態様としては、次のものがあげられる。

(1) 第3の膜を透過する第1の露光波長の光は、透光性

基板を透過する光に対し $180^\circ$ の整数倍の位相差を持つこと。

(2) 第2の膜を透過する第1の露光波長の光は透光性基板を透過する光に対し $180^\circ$ の奇数倍（又は偶数倍）の位相差を持ち、第3の膜を透過する第1の露光波長の光は透光性基板を透過する光に対し $180^\circ$ の整数倍（又は奇数倍）の位相差を持つこと。

(3) 第1の露光波長において第2の膜と第3の膜を透過する光の位相が $180^\circ$ の奇数倍異なり、且つ透光性基板の開孔部と透光性基板の開孔部に隣接する第2の膜乃至第3の膜を透過する光の位相が $180^\circ$ の奇数倍異なるように調整されたこと。

(4) 露光用マスクの製法として、第1の露光波長と第2の露光波長のいずれにおいても遮光性を有する第1の膜を形成する工程と、第1の膜の少なくとも一部を除去し第1の膜からなるパターンを形成する工程と、第1の露光波長において透光性を有し透光性基板を透過する光に対し $180^\circ$ の奇数倍の位相差を持つように調整された第2の膜からなるパターンを形成する工程と、第1の露光波長において透光性を有し透光性基板を透過する光に対し $180^\circ$ の偶数倍の位相差を持つように調整された第3の膜からなるパターンを形成する工程とを含むこと。

(5) 第1の膜からなるパターンが周期性を有し、且つ所望のパターンが第1の膜からなるパターンと第2の膜からなるパターンの和により現わされること。

【0014】また、本発明（請求項3）は、マスクに形成されたパターンを被露光基板上に転写する投影露光方法において、透光性基板上に第1の露光波長と第2の露光波長のいずれにおいても遮光性を有する第1の膜が開孔パターンを有するように形成され、第1の露光波長において透光性を有し透過光に対して所望の位相差を与え且つ第2の露光波長において遮光性を有する第2の膜が第1の膜の開孔パターンに選択的に形成された露光用マスクを用い、光軸に対し同一位置で露光用マスクに対する照射を第1の露光波長と第2の露光波長で2度行い、第1及び第2の露光波長により得られる各マスク像を被露光基板上の同一位置に投影させることを特徴とする。

【0015】ここで、本発明の望ましい実施態様としては、次のものがあげられる。

(1) 露光用マスクに対する照射は、投影露光装置の露光波長を第1の露光波長と第2の露光波長を同時に選択することで、1度で成されること。

(2) 露光用マスクに対する照射は、投影露光装置の露光波長を第1の露光波長と第2の露光波長を別々に選択することで、2度で成されること。

(3) 被露光基板上に、第1の露光波長と第2の露光波長のいずれに対しても感光性を有する感光性材料が形成されること。

(4) 被露光基板上に第2の露光波長に感光し且つ第1の

露光波長に殆ど感光しない第1の感光性樹脂膜が形成され、且つこの上に第1の露光波長により感光する第2の感光性樹脂膜が形成されること。

#### 【0016】

【作用】本発明の露光用マスクの基本構成を以下に記す。透光性基板上に第1の露光波長と第2の露光波長のいずれにおいても遮光性を有する第1の膜から成るパターンを形成する。このパターンは周期的に配置することが望ましい。本発明の露光用マスクでは周期的なパターンが基本となり、第1の露光波長により露光を行うことで第1の膜からなるパターンのみが転写される。ここで、第1の露光波長に対し透光性を有し透光性基板を透過する光に対し180°の奇数倍の位相差を持つように調整された第2の膜からなるパターンを、第1の膜からなるパターン間の開口部に交互に形成することで、第1の露光波長に対して位相シフト効果を生ぜしめ、高解像力と幅広い焦点深度を得ることができる。

【0017】ここで、第2の膜は第1及び第2の露光波長に対する選択性と、第1の露光波長に対する位相差形成の2つの機能を有するが、これらの機能を第2及び第3の膜に振り分けるようにしてもよい。

【0018】なお、この露光で得られるのは、周期的なパターンの光学像であり所望とする孤立パターンの光学像ではない。そこで、周期パターンのうち孤立パターンに相当する部分で積算光強度を増加させる目的で、その部分に対し第2の露光波長による露光を行う。このとき第2の露光波長で遮光性を有する第2の膜及び第3の膜（第3の膜が第2の露光波長に対し遮光性を有する場合に限る）も暗部となり、これらのパターンと第1の膜からなるパターンが配置された領域全てが暗部パターンとして形成される。

【0019】このように2種の露光波長を用い露光を行うことで、孤立パターン部の積算光強度を他のパターンと比較し大きくすることができる。一方、被露光基板においては、更に光強度の相対的な大きさを感光性樹脂材料により即ち、特定の露光量以上を照射することにより現像が進むような材料を用いることで孤立抜きパターンとして形成することができる。また、特定の露光量以下を照射した領域で現像が進むような材料を用いた場合には孤立残しパターンとして形成することができる。

#### 【0020】

【実施例】以下、実施例を用いて発明を詳細に説明する。

（実施例1）図1は、本発明の第1の実施例に係わる露光用マスク及び投影露光方法を示す図である。本実施例は、KrF露光（ $\lambda_1 = 248\text{nm}$ ）に対し周期パターン転写を行い、ArF露光（ $\lambda_2 = 193\text{nm}$ ）に対し孤立パターン転写を行う露光用マスクに関する。

【0021】露光用マスクは、透光性基板101の下面にCr+CrOからなる遮光膜（第1の膜）104のパ

ターンを形成し、さらに透光性基板101の下面の一部にSiN膜（第2の膜）103を埋込んで構成される。SiN膜103は、基板101を透過する波長 $\lambda_1$ の光に対し180度の位相差を形成し、波長 $\lambda_2$ の光を遮断するものである。

【0022】このような露光用マスクを用い、KrF光とArF光のいずれの露光波長においても感光性を有するレジストを塗布した基板に対して露光を行った。まず、露光光源としてKrF光（波長 $\lambda_1$ ）を用いて照射することで、図1（a）に示すように、遮光膜104の開口パターンに相当する領域が暗部となり光学像が形成された。

【0023】このとき、SiN膜103では位相が180度ずれるため、SiN膜103の有無によりマスクの各パターンを通過した光の位相差が180度となる。従って、SiN膜103のない開口パターンに隣接する開口パターンにSiN膜103を形成しておけば、SiN膜103のない開口パターンに対するドーブプロファイルが急峻なものとなる。なお、110は基板透明部を透過する透過光、111はSiN膜103を透過し位相が180度ずれた透過光である。

【0024】次いで、基板とマスクの相対位置を変化させることなく、露光光源としてArF光（波長 $\lambda_2$ ）を用いて照射することで、図1（b）に示すように、103又は104が存在する領域が暗部となり、光学像が形成された。つまり、波長 $\lambda_2$ の光を照射すると、SiN膜103のない開口パターンのみから通過光120が得られる。

【0025】これを現像し、一定量以上の光が照射された領域のみを除去したところ、2回の露光においていずれも光照射された領域でレジストを除去でき、微細パターンを形成することができた。つまり、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の光により2回の露光を行うことによって、図1（c）に示すように、SiN膜103のない開口パターンの像のみが被露光基板上に良好に結像され、孤立パターンを高解像度で形成することが可能となる。

【0026】なお、本実施例では104から成るライン：スペース=1：1の0.4 $\mu\text{m}$ 周期パターンを用い、孤立スペース0.2 $\mu\text{m}$ パターンを精度良く形成することができた。

【0027】図2は、本実施例の露光用マスクの製造工程を示す断面図である。まず、図2（a）に示すように、SiO<sub>2</sub>より成る透光性基板101上に感光性樹脂膜を形成し、光露光、現像を行うことにより感光性樹脂パターン102を形成する。続いて、図2（b）に示すように、感光性樹脂パターン102をマスクとし透光性基板101を部分的にエッチングし、更にレジストを除去する。なお、基板エッチングでは、SiNの248nmでの屈折率nに対して略 $248/2(n-1.5)$ となるようにした。

【0028】次いで、図2(c)に示すように、透光性基板101をエッチングした面に対しSiN膜103をCVD法により成膜する。このときの成膜量を150nmとした。続いて、図2(d)に示すように、SiN膜103を成膜した表面を機械的研磨により透光性基板面が露出するまで削った。その後、図2(e)に示すように、SiN膜103が形成された基板表面の少なくとも一部に、スパッタリング法によりクロム70nmと酸化クロム30nmを順次成膜し、遮光膜104を形成した。

【0029】次いで、図2(f)に示すように、この基板に感光性樹脂膜を形成し、光露光、現像を行うことにより感光性樹脂パターン105を形成した。続いて、図2(g)に示すように、感光性樹脂パターン105をマスクとして遮光膜104を部分的にエッチングし、更にレジストを除去することにより所望の露光用マスクを作成した。

【0030】なお、本実施例では機械的研磨により基板表面の平坦化を行ったが、SiN膜103をCVD法で作成した後、表面を樹脂膜で覆い更に熱処理を施すことで平坦化を行い、無選択エッチング(エッチングを行う過程において表面に露出する物質のエッチング速度を等しい条件でエッチング)することで平面性を維持しながら加工を行うことも可能である。なお、本手法ではArF光に対し遮光性を有し、KrF光で透光性を有する材料としてSiN膜を用いたが、これらの露光波長に対し同様の性質を持つ物質であればいかなる物を用いても構わない。また、膜を構成する物質の組成を調整し、ArF光に対する遮光性及びArF光に対する透光性の程度を変化させても良い。

【0031】また、本実施例はArF光とKrF光に対し波長依存性を有するマスクに関する製造方法について述べたが、これに限るものではなく、他の露光波長の組み合わせにおいても、一方の光に対し透光性を有し他方の光に対し遮光性を有する物質をSiN膜の代わりに用いることで適用可能である。また、この実施例の変形例として、第1の膜としての遮光膜104及び第2の膜としてのSiN膜103を図9(a)～(c)に示すように構成してもよい。

(実施例2) 図3は、本発明の第2の実施例に係わる露光用マスク及び投影露光方法を示す図である。図中の201、203、204、210、211、220は、図1の101、103、104、110、111、120に相当している。

【0032】この実施例の基本的な構成は第1の実施例と同様であるが、本実施例では第2の膜203に波長λ1に対して若干の光吸収性を持たせている。光吸収性を持たせる手段としては、例えばSiN膜203の硅素の割合を増せばよい。

【0033】このような構成であれば、KrF露光にお

いて第2の膜203を通過する光の強度を基板201の透明部を通過する光の強度よりも弱くすることができ、これによりハーフトーン位相シフト効果を持たせることができる。従って、第1の実施例以上に、孤立パターンに対する解像力及び焦点深度を向上させることができる。

(実施例3) 図4は、本発明の第3の実施例に係わる露光用マスク及び投影露光方法を示す図である。本実施例は、i線露光(λ1=365nm)に対し周期パターン位相シフト転写を行い、KrF露光(λ2=248nm)に対し孤立パターン転写を行う露光用マスクに関する。

【0034】露光用マスクは、透光性基板301の下面の一部にSiN膜(第2の膜)303を埋込み形成し、下面に遮光膜(第1の膜)304のパターンを形成し、さらに遮光膜304の開口パターンの一部を覆うようにSiO<sub>2</sub>膜(第3の膜)307を形成したものである。第2の膜303は、波長λ1の光を透過し波長λ2の光を遮断するものである。第3の膜307は、波長λ1の光に対し180度の位相差を設けるためのものである。

【0035】このような露光用マスクを用い、水銀ランプのi線光(波長λ1)とKrF光(波長λ2)のいずれの露光波長においても感光性を有するレジストを塗布した基板に対して露光を行った。まず、露光光源として水銀ランプのi線光を用いて照射したところ、図4(a)に示すように、遮光膜304のパターンに相当する領域が暗部となり光学像が形成された。

【0036】このとき、SiO<sub>2</sub>膜307では位相が180度ずれるため、SiO<sub>2</sub>膜307の有無によりマスクの各パターンを通過した光の位相差が180度となる。従って、SiO<sub>2</sub>膜307のない開口パターンに隣接する開口パターンにSiO<sub>2</sub>膜307を形成しておけば、SiO<sub>2</sub>膜307のない開口パターンに対するドープロファイルが急峻なものとなる。なお、310は基板透明部を透過する透過光、311はSiO<sub>2</sub>膜307を透過し位相が180度ずれた透過光、312はSiN膜303を透過し位相が310と同じ透過光である。

【0037】次いで、基板とマスクの相対位置を変化させることなく、露光光源としてKrF光を用いて照射したところ、図4(b)に示すように、303又は304が存在する領域が暗部となり、光学像が形成された。つまり、波長λ2の光を照射すると、SiN膜303のない開口パターンのみから通過光320が得られる。

【0038】これを現像し、一定量以上の光が照射された領域のみを除去したところ、2回の露光においていずれも光照射された領域でレジストを除去でき、微細パターンを形成することができた。つまり、波長λ1、λ2の光により2回の露光を行うことによって、図4(c)に示すように、SiN膜303のない開口パターンの像のみが被露光基板上に良好に結像され、孤立パターンを

高解像度で形成することが可能となる。

【0039】なお、本実施例では304から成るライン：スペース＝1：1の0.6 $\mu$ mピッチの周期パターンを用い、孤立スペース0.3 $\mu$ mパターンを精度良く形成することができた。

【0040】図5は、本実施例の露光用マスクの製造工程を示す断面図である。まず、図5(a)に示すように、第1の実施例と同様にして、SiO<sub>2</sub>より成る透光性基板301上を部分的にエッチングし、この部分にSiN膜303を埋込み、さらに遮光膜304のパターンを形成した。

【0041】ここで、基板301のエッチング量は後の工程でエッチングした部分に成膜する組成を調整したSiNに対し、これを透光性膜として扱う露光波長 $\lambda_1$ とその時の組成を調整したSiNの屈折率 $n_1$ に対し少なくとも $d=\lambda_1(n_1-1.47)$ 以上の深さとした。そして、組成を調整したSiNの膜厚が $d-202$ nm(本実施例では $n_1=2.8$ )とほぼ等しくなるところで研磨を終了した。

【0042】次いで、図5(b)に示すように、この基板に感光性樹脂膜を形成し、光露光、現像を行うことにより感光性樹脂パターン306を形成した。続いて、図5(c)に示すように、感光性樹脂パターン306をマスクに、該パターンの開口部でかつSiO<sub>2</sub>及びSiN表面より液相中で選択的にSiO<sub>2</sub>膜307を成長させた。この時の成膜量は、選択的に成長させたSiO<sub>2</sub>膜307の屈折率1.43を考慮し424nmとした。

【0043】最後に、図5(d)に示すように、感光性樹脂パターン306を除去し、SiO<sub>2</sub>膜307から成るパターンを形成した。なお、本実施例では機械的研磨により基板表面の平坦化を行ったが、組成を調整したSiN膜303をCVD法で作成した後、表面を樹脂膜で覆い更に熱処理を施すことで平坦化を行い、無選択エッチング(エッチングを行う過程において表面に露出する物質エッチング速度を等しい条件でエッチング)することで平面性を維持しながら加工を行うことも可能である。

【0044】本実施例では、SiN膜303の厚さを $d=\lambda_1/(n_1-1.47)$ としたが、この厚さを $d=\lambda_1/(2(n_1-1.47))$ とし、SiO<sub>2</sub>膜パターンを図5(e)に示す如く配置しても構わない。

【0045】また、本実施例ではKrFに対し遮光性を有し、水銀のi線で透光性を有する材料として組成が調整されたSiN膜を用いたが、これらの露光波長に対し同様の性質を持つ物質であればいかなる物を用いても構わない。さらに、本実施例ではSiO<sub>2</sub>パターンを液相成長法により形成したが、CVD等の手法により膜形成を行い感光性樹脂パターンをマスクにSiO<sub>2</sub>膜を部分的に除去しても構わない。また、本実施例では水銀i線に対し透過光の位相を調整する目的でSiO<sub>2</sub>膜を用い

たが、水銀のi線に対し透光性を有する材料であればこれに代わり用いても構わない。

【0046】また、図3(e)に示すように、露光光に対し、基板を透過した光に対し実質0°の位相差を与えるようSiO<sub>2</sub>膜を調整し、且つSiN膜の膜厚を基板を透過した光に対し180°の位相差を与えるよう調整することによっても孤立パターンの解像性能と焦点深度の向上を図ることが可能である。

【0047】また、本実施例は水銀のi線とKrFに対し波長依存性を有するマスクに関する製造方法について述べたが、これに限るものではなく、他の露光波長の組み合わせにおいても、一方の光 $\lambda_1$ に対し透光性を有し他方の光に対し遮光性を有する物質をSiN膜の代わりに用い、且つ少なくとも $\lambda_1$ において透光性を有する膜をSiO<sub>2</sub>膜(位相調整膜)の代わりに用いることで適用可能である。

【0048】また、この実施例の変形例として、第1の膜としての遮光膜304、遮光膜としての304、第2の膜としてのSiN膜303、及び第2の膜としてのSiO<sub>2</sub>膜307を図10(a)～(e)に示すように構成してもよい。

(実施例4)図6は、本発明の第4の実施例に係わる露光用マスク及び投影露光方法を示す図である。図中の401、403、404、407、410、411、412、420は、図4の301、303、304、307、310、311、312、320に相当している。

【0049】この実施例の基本的な構成は第3の実施例と同様であるが、本実施例では第2の膜403に波長 $\lambda_1$ に対して若干の光吸収性を持たせている。光吸収性を持たせる手段としては、例えばSiN膜403の硅素の割合を増せばよい。

【0050】このような構成であれば、i線露光において第2の膜403を通過する光の強度を基板401の透明部を通過する光の強度よりも弱くすることができ、これによってハーフトーン位相シフト効果を持たせることができる。従って、第3の実施例以上に、孤立パターンに対する解像力及び焦点深度を向上させることができる。

(実施例5)図7は、本発明の第5の実施例に係わる露光用マスク及び投影露光方法を示す図である。本実施例は、KrF露光( $\lambda_1=248$ nm)に対し周期パターン位相シフト転写を行い、ArF露光( $\lambda_2=193$ nm)に対し孤立パターン転写を行う露光用マスクに関する。

【0051】露光用マスクは、透光性基板501の下面に遮光膜504のパターンを形成し、さらに遮光膜504の開口パターンの一部を覆うようにSiO<sub>2</sub>膜521、522を形成したものである。SiO<sub>2</sub>膜は波長 $\lambda_1$ の光を透過し所望の位相差を与え、波長 $\lambda_2$ の光を遮断するものである。



11

【0052】このような露光用マスクを用い、ArF光とKrF光のいずれの露光波長においても感光性を有するレジストを塗布した基板に対して露光を行った。まず、露光光源としてKrF光( $\lambda 1$ )を用いて照射したところ、図7(a)に示すように、遮光パターン504のパターンに相当する領域が暗部となり光学像が形成された。

【0053】このとき、SiO<sub>2</sub>膜521では位相が180度、SiO<sub>2</sub>膜522では位相が360度ずれる。従って、SiO<sub>2</sub>膜のない開口パターンに隣接する開口パターンにSiO<sub>2</sub>膜521を形成しておけば、SiO<sub>2</sub>膜521、522のない開口パターンに対するドープロファイルが急峻なものとなる。なお、510は基板透明部を透過する透過光、511はSiO<sub>2</sub>膜521を透過し位相が180度ずれた透過光、512はSiO<sub>2</sub>膜522を透過し位相が510と同じ透過光である。

【0054】次いで、基板とマスクの相対位置を変化させることなく、露光光源にArF光( $\lambda 2$ )を用いて照射したところ、図7(b)に示すように、504、521、522の各々が存在する領域が暗部となり、光学像が形成された。つまり、波長 $\lambda 2$ の光を照射すると、SiO<sub>2</sub>膜521、522のない開口パターンのみから通過光520が得られる。

【0055】これを現像し、一定量以上の光が照射された領域のみを除去したところ、2回の露光においていずれも光照射された領域でレジストを除去でき、微細パターンを形成することができた。つまり、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の光により2回の露光を行うことによつて、図7(c)に示すように、SiO<sub>2</sub>膜521、522のない開口パターンの像のみが被露光基板上に良好に結像され、孤立パターンを高解像度で形成することが可能となる。

【0056】なお、本実施例では504から成るライン：スペース＝1：1の0.4 $\mu$ mピッチの周期パターンを用い、孤立スペース0.2 $\mu$ mパターンを精度良く形成することができた。また、本実施例のようにして位相差を合わせた膜に、更にSiO<sub>2</sub>膜の珪素の割合を増し、KrF光に対し若干の吸収を生じさせる機能を持たせる手法においても孤立パターンの解像性能と焦点深度の向上を図ることが可能である。

【0057】図8は、本実施例の露光用マスクの製造工程を示す断面図である。まず、図8(a)に示すように、SiO<sub>2</sub>より成る透光性基板501上の少なくとも一部にスパッタリング法によりクロム70nmと酸化クロム30nm成膜し遮光膜504を形成した。続いて、図8(b)に示すように、基板に感光性樹脂膜を形成し、光露光、現像を行うことにより感光性樹脂パターン505を形成し、これをマスクとし遮光膜504を部分的にエッチングして開口パターンを形成し、更に図8(c)に示すようにレジストを除去し所望の露光用マスクを作成した。

12

【0058】次いで、図8(d)に示すように、感光性樹脂膜を形成し、光露光、現像を行うことにより感光性樹脂パターン508を形成し、SiO<sub>2</sub>表面より液相中で選択的にSiO<sub>2</sub>膜521を成長させた。この時の成膜量は選択的に成長させたSiO<sub>2</sub>膜521の屈折率

1.45を考慮し276nmとした。また、このSiO<sub>2</sub>膜521はKrF(248nm)では強度透過率がほぼ100%であるがArF(193nm)で、276nm膜厚で用いた場合には強度透過率1%以下となる。

【0059】次いで、感光性樹脂パターン508をを除去したのち、図8(e)に示すように、感光性樹脂膜を形成し、光露光、現像を行うことにより感光性樹脂パターン509を形成した。続いて、SiO<sub>2</sub>表面より液相中で選択的にSiO<sub>2</sub>膜522を成長させた。この時の成膜量は選択的に成長させたSiO<sub>2</sub>膜522の屈折率1.45を考慮し552nmとした。そして、図8(f)に示すように、感光性樹脂パターン509を除去して位相シフトパターンを形成した。

【0060】なお、本実施例ではArF光に対し遮光性を有し、KrF光で透光性を有する材料として組成が調整されたSiO<sub>2</sub>膜を用いたが、これらの露光波長に対し同様の性質を持つ物質であればいかなる物を用いても構わない。

【0061】また、本実施例でSiO<sub>2</sub>パターンを液相成長法により形成したが、CVD等の手法により膜形成を行い、感光性樹脂パターンをマスクにSiO<sub>2</sub>膜を部分的に除去しても構わない。さらに、KrF光に対し透過光の位相を調整する目的でSiO<sub>2</sub>膜を用いたが、KrFに対し透光性を有し、且つArF光に対し遮光性を有する材料であればこれに代わり用いても構わない。

【0062】また、本実施例はArF光とKrFに対し波長依存性を有するマスクに関する製造方法について述べたが、これに限るものではなく、他の露光波長の組み合わせにおも、一方の光に対し透光性を有し他方の光に対し遮光性を有する物質を位相調整膜に用いることで適用可能である。

【0063】また、本実施例では504をArF光で遮光性を有し、KrF光で透光性を有する組成を調整したSiN膜を用いたが、これに限るものではなく、504が遮光性を有する露光波長の組み合わせであればいかなる露光波長を組み合わせても構わない。また材料もこれに限るものではない。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように本発明の露光用マスクは、孤立パターンに対し、周期パターン露光と孤立パターン露光を組み合わせることで、解像性能と焦点深度の向上を図るものである。さらに周期パターン露光ではこれらのパターンにレベンソン型位相シフト法を適用することで、より解像性能と焦点深度の向上を図ることができる。



## 【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施例に係わる露光用マスク及び投影露光方法を示す図。

【図2】第1の実施例における露光用マスクの製造工程を示す断面図。

【図3】第2の実施例に係わる露光用マスク及び投影露光方法を示す図。

【図4】第3の実施例に係わる露光用マスク及び投影露光方法を示す図。

【図5】第3の実施例における露光用マスクの製造工程を示す断面図。

【図6】第4の実施例に係わる露光用マスク及び投影露光方法を示す図。

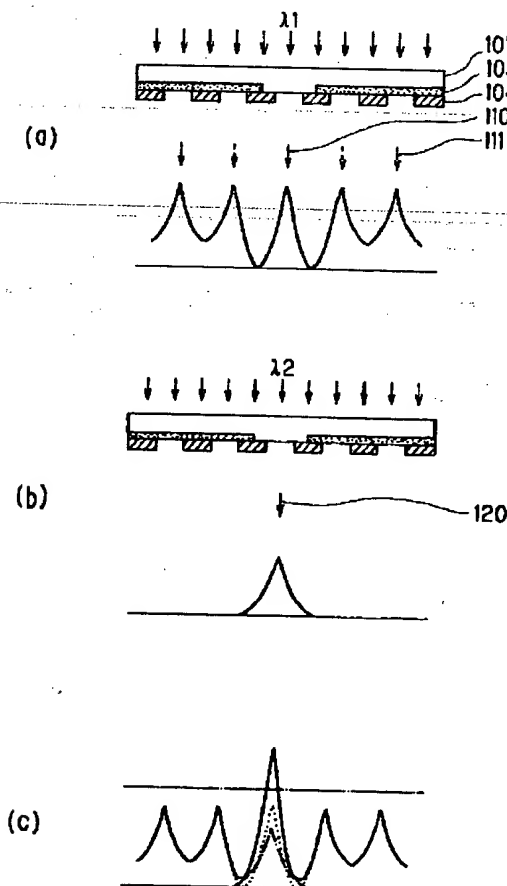
【図7】第5の実施例に係わる露光用マスク及び投影露光方法を示す図。

【図8】第5の実施例における露光用マスクの製造工程を示す断面図。

【図9】第1の実施例の変形例を示す断面図。

【図10】第3の実施例の変形例を示す断面図。

【図1】



## 【符号の説明】

101, 201, 301, 401, 501…透光性基板  
102, 105, 306, 505, 508, 509…感光性樹脂パターン

103, 203, 303, 403…SiN膜(第2の膜)

104, 204, 304, 404, 504…遮光膜(第1の膜)

307, 407…SiO<sub>2</sub>膜(第3の膜)

521, 522…SiO<sub>2</sub>膜

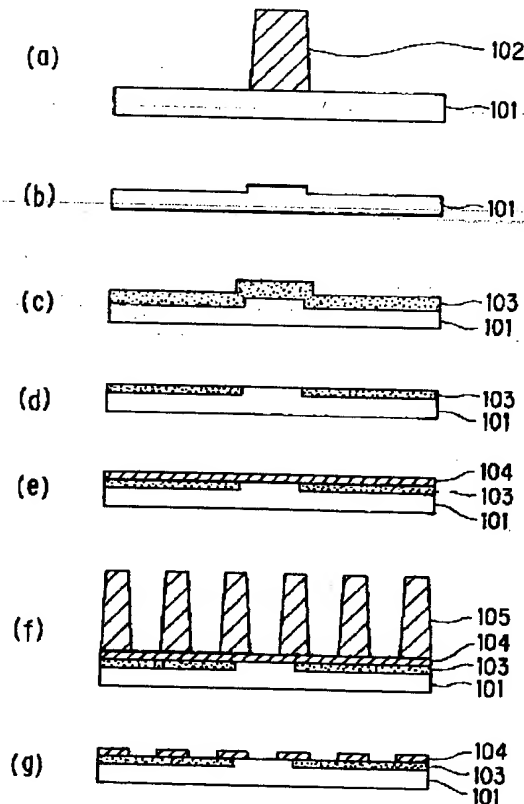
110, 210, 310, 410, 510…λ1透過光(基板部と同位相)

111, 211, 311, 411, 511…λ1透過光(基板部と逆位相)

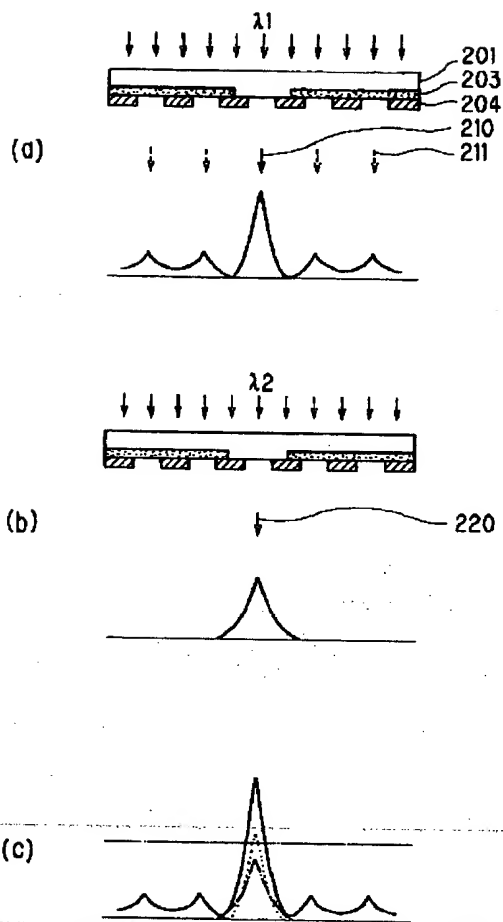
120, 220, 320, 420, 520…λ2透過光(基板部と同位相)

312, 412, 512…λ1透過光(基板部と同位相)

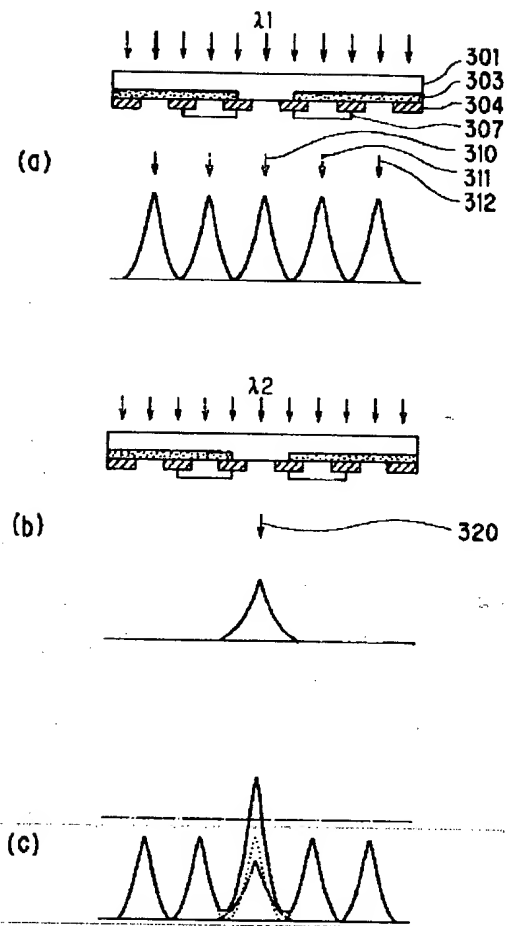
【図2】



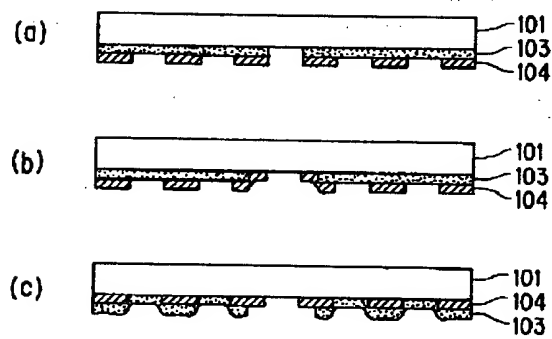
【図3】



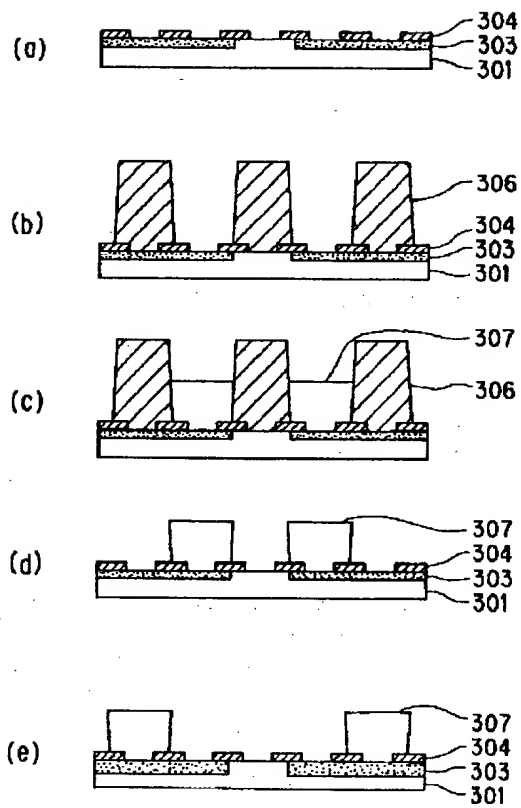
【図4】



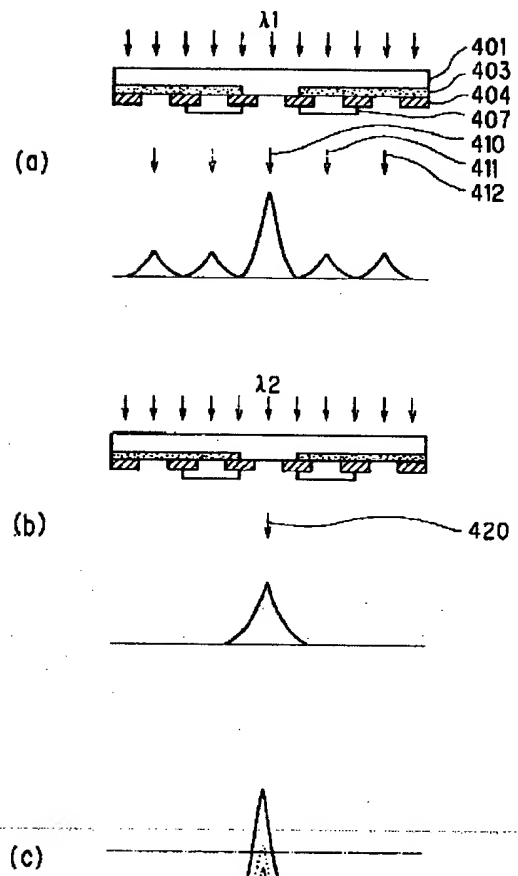
【図9】



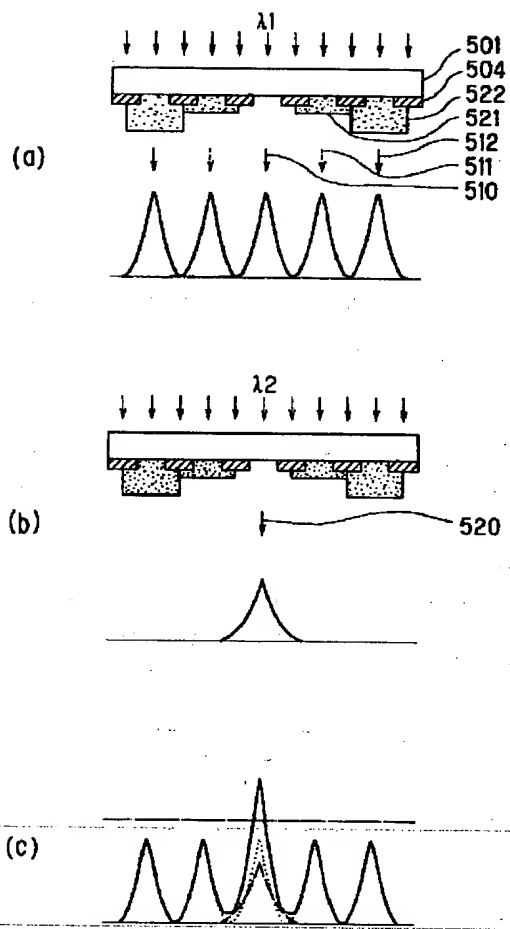
【図5】



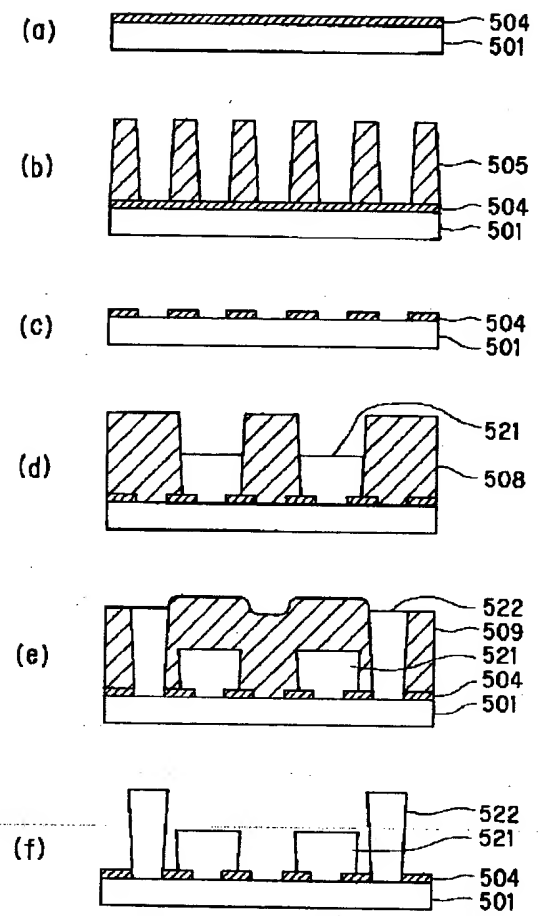
【図6】



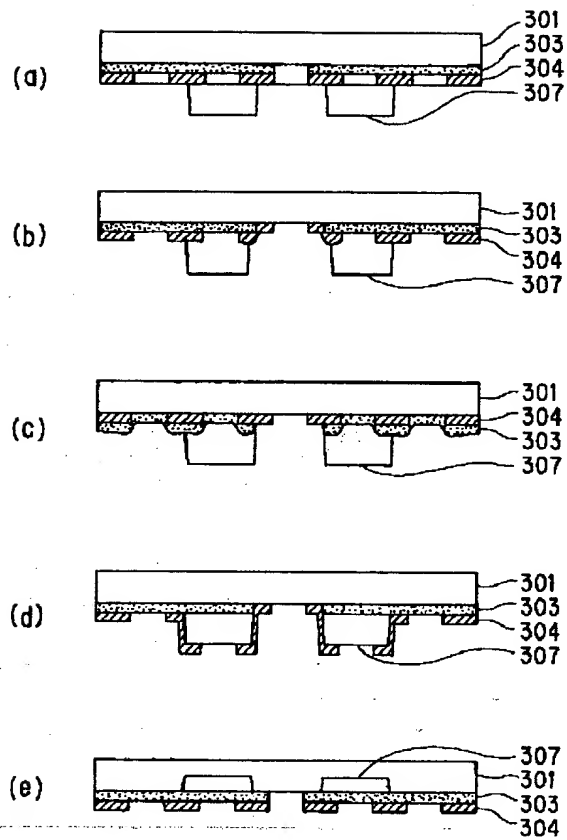
【図7】



【図8】



【図10】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/027